

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

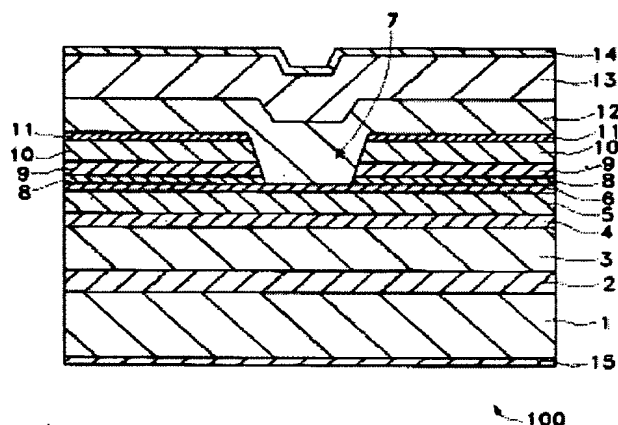
**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Semiconductor laser device and method for producing the same

Patent number: US6055255
Publication date: 2000-04-25
Inventor: MATSUMOTO MITSUHIRO (JP); OHBAYASHI KEN (JP); SUYAMA TAKAHIRO (JP)
Applicant: SHARP KK (JP)
Classification:
- international: H01S3/19
- european: H01S5/223B
Application number: US19970790815 19970130
Priority number(s): JP19960016931 19960201

Abstract of US6055255

A semiconductor laser device includes: a semiconductor substrate of a first conductivity type; a layered structure including at least a first cladding layer of the first conductivity type, an active layer, and a second cladding layer of a second conductivity type. The layered structure is provided on the semiconductor substrate. The semiconductor laser device also includes: a current blocking structure, having a striped concave portion therein, formed on the layered structure; and a third cladding layer of the second conductivity type provided so as to cover the striped concave portion and the current blocking structure. The current blocking structure includes at least a saturable absorbing layer having a forbidden band width which is substantially equal to a forbidden band width of the active layer.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-270563

(43) 公開日 平成9年(1997)10月14日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 S 3/18

識別記号 庁内整理番号

F I
H 0 1 S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-11703

(22) 出願日 平成9年(1997)1月24日

(31) 優先権主張番号 特願平8-16931

(32) 優先日 平8(1996)2月1日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 須山 尚宏

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 大林 健

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 松本 晃広

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

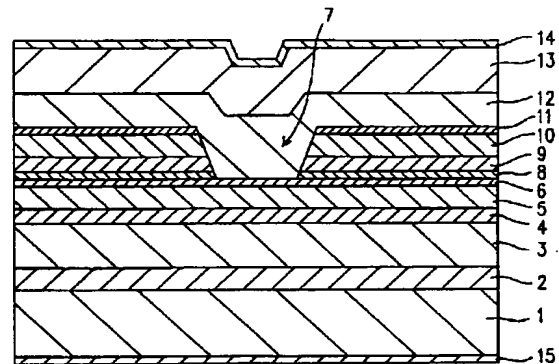
(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 自励発振型半導体レーザ素子において、強い自励発振を実現するために可飽和吸収効果を十分に大きくすると、レンズとの結合効率の変化、高出力状態における信頼性の悪化、動作電流の増大など、半導体レーザ素子の動作特性が劣化する。

【解決手段】 第1の導電型の半導体基板1と、該半導体基板1の上に形成されて少なくとも該第1の導電型の第1クラッド層3と活性層4と第2の導電型の第2クラッド層5とを含む積層構造と、該積層構造の上に形成されてストライプ状領域を有する電流ブロック機能体と、該ストライプ部及び該電流ブロック機能体を埋めるように形成されている該第2の導電型の第3クラッド層12と、を含む半導体レーザ素子において、該電流ブロック機能体が該活性層4の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層9を含むように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の導電型の半導体基板と、
該半導体基板の上に形成され、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2の導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造と、
該積層構造の上にストライプ状領域を有して形成されている電流ブロック機能体と、
該ストライプ部及び該電流ブロック機能体を埋めるように形成されている第2の導電型の第3クラッド層とを含む半導体レーザ素子であって、
該電流ブロック機能体は、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含んでいる半導体レーザ素子。

【請求項2】 第1の導電型の半導体基板と、
該半導体基板の上に形成され、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2の導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造と、
該積層構造の上に形成され、第2の導電型の第3クラッド層と第2の導電型のコンタクト層とを少なくとも含むストライプ状のメサ領域と、
該積層構造の上であって該ストライプ状メサ領域の両側に形成されている電流ブロック機能体とを含む半導体レーザ素子であって、
該電流ブロック機能体は、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含み、該可飽和吸収層は該ストライプ状メサ領域の側面を覆っている半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記電流ブロック機能体が、積層構造側に設けたn型の半導体層を有し、該n型の半導体層の前記基板とは反対側に前記可飽和吸収層が配されると共にp型に形成されている構成を一部に有している請求項1または2に記載の半導体レーザ素子。

【請求項4】 前記電流ブロック機能体のうちで前記可飽和吸収層以外の部分の禁制帯幅が前記第1及び第2クラッド層の禁制帯幅よりも大きく、電流注入によって前記活性層で発生するレーザ光に対する吸収作用がない請求項1、2または3に記載の半導体レーザ素子。

【請求項5】 前記活性層の実効的な禁制帯幅を与えるA1組成比xと、前記可飽和吸収層の実効的な禁制帯幅を与えるA1組成比yとが、
 $x - 0.02 \leq y \leq x + 0.02$
なる関係を満たす請求項1、2または3に記載の半導体レーザ素子。

【請求項6】 前記活性層のうちで前記ストライプ状領域の外部に相当する領域が、さらに可飽和吸収体として機能する請求項1、2または3に記載の半導体レーザ素子。

【請求項7】 第1の導電型の半導体基板の上に、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2の導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造を成長させる

工程と、

該積層構造の上に、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含んでなる電流ブロック機能体を成長させる工程と、
該電流ブロック機能体にストライプ状領域をエッチングによって形成する工程と、
該ストライプ部及び該電流ブロック機能体を覆う第2の導電型の第3クラッド層を成長させる工程とを包含する半導体レーザ素子の製造方法。

10 【請求項8】 第1の導電型の半導体基板の上に、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2の導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造を成長させる工程と、

該積層構造の上に、第2の導電型の第3クラッド層と第2の導電型のコンタクト層とを順に成長させる工程と、
該第3クラッド層及び該コンタクト層をエッチングしてストライプ状メサ領域を形成する工程と、

20 該積層構造の上であって該ストライプ状メサ領域の両側に、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含んでなる電流ブロック機能体を、該可飽和吸収層が該ストライプ状メサ領域の側面を覆うように成長させる工程とを包含する半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項9】 前記電流ブロック機能体を成長させる工程において、n型の半導体層を形成した後に、p型の可飽和吸収層を形成する工程を含む請求項7または8に記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

30 【発明の属する技術分野】本発明は、記録再生型光磁気ディスク用の光源などに適する、出射レーザ光の戻り光に対して強い耐性を有する低雑音で高出力の半導体レーザ素子に関し、特に、可飽和吸収体による自励発振現象を利用した低雑音高出力半導体レーザ素子およびその製造方法に関する。

【0002】

40 【従来の技術】半導体レーザ素子を光ディスク装置の信号読み取り用光源として用いる場合、出射レーザ光がディスク面で反射されて半導体レーザ素子自身へ戻ってくると、半導体レーザ素子が非常に大きな雑音、いわゆる戻り光雑音を発生して、光ディスクからの信号が正しく読みとれなくなることがある。

50 【0003】このような半導体レーザ素子の戻り光雑音を低減する方法として、自励発振現象を利用する方法が良く知られている。自励発振現象を利用している自励発振型半導体レーザ素子では、自励発振によりレーザ光の可干渉性が低下するので、レーザ光がディスク面で反射されて半導体レーザ素子に戻ってきても、素子の内部での干渉作用を発生しない。その結果、低雑音特性が確保される。半導体レーザ素子の活性層の内部に可飽和吸収

体を形成することによってこの自励発振現象が生じることが、理論的に示されている(M. Yamada: IEE J. Quantum Electron., vol. QE-29, No. 5, pp. 1330-1336 (1993年5月) 参照)。

【0004】図12は、自励発振による低雑音動作が実現されている従来の半導体レーザ素子50の断面構造を示している(第14回半導体レーザ国際会議ダイジェスト, Th4. 1, pp. 247-248 (1994) 参照)。

【0005】この半導体レーザ素子50では、まずウェハ状態のn-GaAs基板51の上に、有機金属気相成長(MOCVD)法によって、n-GaAsバッファ層52、 $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x=0.4$) 第1クラッド層53、ノンドープ多重量子井戸活性層54、 $p\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x=0.4$) 第2クラッド層55、及び $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x=0.45$) 電流ブロック層56を、順に成長させる。その後、MOCVD装置からウェハを取り出して、電流ブロック層56の表面から第2クラッド層55に達するストライプ状の溝(以下では、「ストライプ部」と称する)57を形成する。このストライプ部57は、半導体レーザ素子50の動作時の電流通路として機能する。

【0006】さらにその後、ウェハを再びMOCVD装置に導入し、MOCVD法によって、ストライプ部57を含めて電流ブロック層56を覆うように、 $p\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x=0.4$) 第3クラッド層58及び $p\text{-GaAs}$ キャップ層59を順に成長する。成長終了後に、p側電極60をキャップ層59の上に形成し、n側電極61を基板51の裏面に形成する。さらに、ウェハをチップに分割することにより、個々の半導体レーザ素子50が得られる。

【0007】さらに、高出力の半導体レーザ素子を得るためには、光出射側の端面に3%程度の反射率が得られるようなコーティングを施し、反対側の端面に94%程度の反射率が得られるようなコーティングを行う。

【0008】このようにして形成された半導体レーザ素子50の電極60及び61の間に電圧を印加すると、ストライプ部57を通して活性層54に電流が注入されて、レーザ発振を生じる。このとき、ストライプ部57の内部とその外側領域との間での実効屈折率の違いにより、発振したレーザ光は、ストライプ部57の直下に相当する領域を導波される。

【0009】このような半導体レーザ素子50においては、第2クラッド層55をある程度以上厚くするとともに、ストライプ部57の内部とその外側との間の実効屈折率差を小さくすると、ストライプ部57の内部への光閉じ込めが弱くなる。その結果、活性層54への電流注入幅に対して、レーザ光の拡がりの幅が大きくなるような状態が実現される。このような状態では、活性層54

のうちのストライプ部57の外側に相当する部分が可飽和吸収体として作用して、自励発振動作が達成される。

【0010】一方、図13は、自励発振現象を利用した低雑音動作が実現されている従来の他の半導体レーザ素子70の断面構造を示している。この半導体レーザ素子70では、活性層74とは別に可飽和吸収層76が設けられており、その可飽和吸収作用によって自励発振を生じさせる(第12回半導体レーザシンポジウム予稿集, p. 11 (1995年3月) 参照)。

10 【0011】具体的には、半導体レーザ素子70では、n-GaAs基板71の上に、n-GaAsバッファ層72、 $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 第1クラッド層73、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 活性層74、及び $p\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 第2クラッド層75が、順に積層されている。また、第2クラッド層75の上には、ストライプ状の $p\text{-AlGaAs}$ 可飽和吸収層76が積層されている。

【0012】さらに、 $p\text{-AlGaAs}$ 可飽和吸収層76の上には、 $p\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 第3クラッド層77と $p\text{-GaAs}$ コンタクト層78とからなるストライプ状のメサ領域79が形成される。また、第2クラッド層75の上であってメサ領域79の両側には、n-AlGaAs電流ブロック層80が積層されている。さらに、ストライプ状メサ領域79及び電流ブロック層80を覆うように、 $p\text{-GaAs}$ キャップ層81が積層されている。また、キャップ層81の上にはp側電極82が形成され、一方、基板71の裏面にはn側電極83が形成されている。

【0013】この半導体レーザ素子70の場合は、可飽和吸収層76のAl組成比(すなわち、可飽和吸収層76の禁制帯幅)を活性層74のAl組成比(活性層74の禁制帯幅)と略等しくして、可飽和吸収特性を確保している。先に述べた半導体レーザ素子50では、活性層54のうちのストライプ部57の外側に相当する領域を可飽和吸収体として動作させているが、この半導体レーザ素子70の場合の自励発振は、活性層74とは別に設けられた可飽和吸収層76の吸収飽和特性を利用している。

【0014】

40 【発明が解決しようとする課題】以上で説明した2つの従来の半導体レーザ素子50及び70の構造のうち、前者の半導体レーザ素子50において強い自励発振(すなわち可干渉性の十分な低下)を実現するためには、可飽和吸収効果を十分に大きくする必要がある。そのような目的を達成するためには、具体的には、以下の2通りの手法をとることができる。

【0015】(1) ストライプ部57の内部と外部との間の実効屈折率差を小さくして、ストライプ部57の外側における活性層54からなる可飽和吸収体への光のしみだしを増大する。

50 【0016】(2) 活性層54を厚くして、可飽和吸収

体の体積を大きくする。

【0017】しかし、これら(1)及び(2)の方法では、それぞれ以下のような問題点が生じる。

【0018】まず、前者(1)の方法では、活性層54のうちでストライプ部57の外部に相当する部分への光のしみだしが増大することによって、光スポットサイズが広がる。そのため、活性層54に平行な方向の放射角が狭くなる。その結果、自励発振の起こらない半導体レーザ素子と比較した場合に、半導体レーザ素子とレンズとの結合効率が変化するという光学特性上の問題が生じる。

【0019】一方、後者(2)の方法では、一般に活性層54を厚くすると、高出力状態における信頼性が悪化する。

【0020】また、従来の半導体レーザ素子70の構造では、ストライプ部79の外部における活性層74を可飽和吸収体として利用するのではなく、ストライプ部79の内部に相当する領域に活性層74とは別に形成されている可飽和吸収層76を、自励発振動作のために利用する。従って、ストライプ部79の外部の活性層74への光のしみだしを増大して光スポットサイズを拡大する必要がないので、半導体レーザ素子50において生じる先述の問題点は発生しない。

【0021】しかし、半導体レーザ素子70の構造において低雑音化のために強い自励発振特性を確保するには、可飽和吸収層76を比較的厚くする必要がある。この場合、可飽和吸収層76が発振領域の中心部分の極く近傍に形成されるため、可飽和吸収層76の未飽和状態での光吸収が大きくなり、発振開始電流の増加や微分効率の低下などを通じて動作電流が増大する。その結果、半導体レーザ素子70の動作特性の悪化を生じる。

【0022】本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、低雑音特性に優れた強い自励発振特性を有するとともに、光学特性の悪化、信頼性不良、或いは動作電流の増大など、動作特性上の問題が生じない高出力の半導体レーザ素子およびその製造方法を提供することである。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明のある局面によれば、半導体レーザ素子が、第1の導電型の半導体基板と、該半導体基板の上に形成され、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2の導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造と、該積層構造の上にストライプ状領域を有して形成されている電流ブロック機能体と、該ストライプ部及び該電流ブロック機能体を埋めるように形成されている第2の導電型の第3クラッド層とを含み、該電流ブロック機能体は、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含んでいて、そのことによって上記目的が達成される。

【0024】本発明の他の局面によれば、半導体レーザ

素子が、第1の導電型の半導体基板と、該半導体基板の上に形成され、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2の導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造と、該積層構造の上に形成され、第2の導電型の第3クラッド層と第2の導電型のコンタクト層とを少なくとも含むストライプ状のメサ領域と、該積層構造の上であって該ストライプ状メサ領域の両側に形成されている電流ブロック機能体とを含み、該電流ブロック機能体は、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含み、該可飽和吸収層は該ストライプ状メサ領域の側面を覆っていて、そのことによって上記目的が達成される。

【0025】上記のようないずれかの構造を有する半導体レーザ素子について、ある実施形態では、前記電流ブロック機能体が、積層構造側に設けたn型の半導体層を有し、該n型の半導体層の前記基板とは反対側に前記可飽和吸収層が配されると共にp型に形成されている構成を一部に有している。

【0026】上記のようないずれかの構造を有する半導体レーザ素子について、ある実施形態では、前記電流ブロック機能体のうちで前記可飽和吸収層以外の部分の禁制帯幅が前記第1及び第2クラッド層の禁制帯幅よりも大きく、電流注入によって前記活性層で発生するレーザ光に対する吸収作用がない。

【0027】他の実施形態では、前記活性層の実効的な禁制帯幅を与えるA1組成比xと、前記可飽和吸収層の実効的な禁制帯幅を与えるA1組成比yとが、 $x - 0.02 \leq y \leq x + 0.02$

なる関係を満たす。

【0028】さらに他の実施形態では、前記活性層のうちで前記ストライプ状領域の外部に相当する領域が、さらに可飽和吸収体として機能する。

【0029】本発明のさらに他の局面によれば、半導体レーザ素子の製造工程が、第1の導電型の半導体基板の上に、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2の導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造を成長させる工程と、該積層構造の上に、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含んでなる電流ブロック機能体を成長させる工程と、該電流ブロック機能体にストライプ状領域をエッチングによって形成する工程と、該ストライプ部及び該電流ブロック機能体を覆う第2の導電型の第3クラッド層を成長させる工程とを包含し、そのことによって上記目的が達成される。

【0030】本発明のさらに他の局面によれば、半導体レーザ素子の製造方法が、第1の導電型の半導体基板の上に、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2の導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造を成長させる工程と、該積層構造の上に、第2の導電型の第3クラッド層と第2の導電型のコンタクト層とを順に

成長させる工程と、該第3クラッド層及び該コンタクト層をエッチングしてストライプ状メサ領域を形成する工程と、該積層構造の上であって該ストライプ状メサ領域の両側に、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含んでなる電流ブロック機能体を、該可飽和吸収層が該ストライプ状メサ領域の側面を覆うように成長させる工程とを包含し、そのことによって上記目的が達成される。

【0031】前記電流ブロック機能体を成長させる工程において、n型の半導体層を形成した後に、p型の可飽和吸収層を形成する工程を含むようにしてもよい。

【0032】以下作用について説明する。

【0033】本発明の半導体レーザ素子では、電流ブロック機能体の内部に可飽和吸収層を形成する。そのような電流ブロック機能体の内部の可飽和吸収層の可飽和吸収作用を利用することによって、十分に強度の強い自励発振動作が実現される。その結果、半導体レーザ素子の動作特性における低雑音化が達成される。また、活性層のうちでストライプ部の外部に相当する領域への光のしみだしの度合の低減、或いは活性層の厚さの低減が達成されるので、光学特性の悪化や信頼性不良などの問題が生じない。

【0034】さらに、電流ブロック機能体の内部に形成された可飽和吸収層は、発振領域の中心部からは離れて形成されているので、光吸収の増加を比較的小さく抑えることができる。その結果、発振開始電流や駆動電流の増大という問題が生じない。

【0035】また、活性層のうちでストライプ部の外部に相当する領域も可飽和吸収体として機能させ、その部分の可飽和吸収作用も合わせて利用することにより、上記課題の解決のための許容値の範囲を広げられる。

【0036】或いは、半導体基板の上にクラッド層及び活性層を含む積層構造が形成され、さらにその上に形成されたストライプ状のメサ領域の両側を電流ブロック機能体で挟み込む構成になっている半導体レーザ素子において、電流ブロック機能体が可飽和吸収層を含み、さらにストライプ状メサ領域の側面が可飽和吸収層によって覆われている構造にすることによって、自励発振特性（すなわち雑音特性）がさらに改善される。

【0037】また、電流ブロック機能体の可飽和吸収層をp型にすると、n型のものよりも強い自励発振が得られる。その理由は、可飽和吸収層の光吸収によって生成されるキャリアの密度変化量に対するその可飽和吸収層の光吸収特性の変化量がn型よりもp型の方が大きく、それが自励発振のし易さや強さに関係してくるものと考えられるからである。

【0038】更に加えて、このように可飽和吸収層をp型にしたとき、その積層構造側にn型の半導体層を設けるようにすると、このn型の半導体層が電流ブロック層として機能するようになり、p型の半導体層を用いる場

合よりも、低電流動作をさせることが可能となる。

【0039】

【発明の実施の形態】以下に、図面を用いて本発明の実施形態を説明する。

【0040】（第1の実施の形態）図1に、本発明の第1の実施形態における半導体レーザ素子100の断面構造図を示す。

【0041】この半導体レーザ素子100では、n-GaAs基板1の上に、n-GaAsバッファ層（厚さ0.5 μ m）2、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第1クラッド層（y=0.5、厚さ1.5 μ m）3、ノンドープAl_{0.5}Ga_{0.5}As活性層（x=0.14、厚さ0.05 μ m）4、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第2クラッド層（y=0.5、厚さ0.25 μ m）5、ならびにp-GaAsエッチストップ層（厚さ0.003 μ m）6が、順に積層されている。エッチストップ層6の上には、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}Asエッチストップ層（u=0.6、厚さ0.02 μ m）8、可飽和吸収層としてのn-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第1電流ブロック層（v=0.14、厚さ0.25 μ m）9、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第2電流ブロック層（w=0.6、厚さ0.35 μ m）10、ならびにn-GaAs保護層（厚さ0.01 μ m）11が、順に形成されている。本実施形態では、可飽和吸収層として機能する第1電流ブロック層9と、第2電流ブロック層10とにより、電流ブロック機能体が構成される。

【0042】さらに、保護層11の表面からエッチストップ層6の表面に達するストライプ状の溝、すなわちストライプ部7が形成されており、エッチストップ層8、第1電流ブロック層9、第2電流ブロック層10、ならびに保護層11は、いずれもこのストライプ部7で分断されている。なお、ストライプ部7の最上部の幅は、約2.5 μ mである。

【0043】さらに、ストライプ部7及び保護層11を覆うように、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第3クラッド層（z=0.5、厚さ1.2 μ m）12及びp-GaAsキャップ層（厚さ1.0 μ m）13が、順に積層されている。さらに、キャップ層13の上にはp側電極14が形成され、基板1の裏面にはn側電極15が形成されている。

【0044】次に、半導体レーザ素子100の作製方法を、図2（a）～（c）の断面図を参照して説明する。

【0045】まず、図2（a）に示すように、n-GaAs基板1の上にMOCVD法により、n-GaAsバッファ層2、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第1クラッド層3、ノンドープAlGaAs活性層4、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第2クラッド層5、p-GaAsエッチストップ層6、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}Asエッチストップ層8、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第1電流ブロック層9、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第2電流ブロック層10、及びn-GaAs保護層11を、この順に連続的に成長させる。

【0046】次に、このウェハをMOCVD装置から取り出して、図2(b)に示すように、フォトリソグラフィ法や選択エッチング法等を用いて、保護層11の表面からp-GaAsエッチストップ層6に達するストライプ部7を形成する。

【0047】その後、このようにストライプ部7が形成されたウェハを再びMOCVD装置に導入し、図2(c)に示すように、ストライプ部7及び保護層11を覆うように、p-Al_{1-x}Ga_xAs第3クラッド層12及びキャップ層13を成長させる。

【0048】次に、基板1の一部を裏面側から研磨などにより除去して、その厚さが約100μmとなるように加工する。その後、キャップ層13の上にp側電極14を形成し、基板1の裏面にはn側電極15を形成する。最後に、ウェハをチップに分割し、高出力用の端面コーティングを行うことによって、半導体レーザ素子100が得られる。

【0049】以上に説明した本実施形態の半導体レーザ素子100の製造方法では、最初に可飽和吸収体として機能する第1電流ブロック層9及び活性層4を含む各層を積層しておいて、その後ストライプ部7をエッチングによって形成する。そのため、製法が簡単で歩留まりがよく、また製造コストも低い。

【0050】このようにして形成された半導体レーザ素子100の電極14及び15の間に電圧を印加すると、ストライプ部7を通じて活性層4に電流が注入されてレーザ光の発振を開始する。本実施形態の半導体レーザ素子100の場合、第2電流ブロック層10のAl組成は0.6であり、活性層4のAl組成0.14に比べて十分に大きい。したがって、この領域は活性層4で発生するレーザ光に対して非吸収であり、これにより、低電流特性が実現される。典型的には、本実施形態に基づく半導体レーザ素子100の発振開始電流は30mAであり、出力35mWを得るために必要な動作電流は70mA程度である。

【0051】この半導体レーザ素子100に電流注入を行うと、電流注入の幅はストライプ部7の幅によって制限され、その大部分は、活性層4のうちでストライプ部7の幅と同程度の幅の領域内に注入される。これに対して、ストライプ部7の内部への光閉じ込めは弱く設定されているので、光は、ストライプ部7の内部の幅に比して広く拡がっており、結果的にストライプ部7の外部に位置する活性層4が可飽和吸収体として作用する。さらに、光は第1電流ブロック層9の内部にも部分的に拡がり、これによって、この領域の第1電流ブロック層9も可飽和吸収体として作用する。

【0052】図3は、自励発振特性の目安となるレーザ光の可干渉性指数の光出力依存性の測定結果を示すグラフである。図3に示すように、光出力が1mW程度から可干渉性指数は低下し始めて、光出力が2mWにおいて

可干渉性指数は非常に低い値を示す。この特性は、CDプレーヤ等に用いられる低雑音低出力レーザの自励発振特性と同等である。

【0053】図4は、本実施形態の半導体レーザ素子100の戻り光雑音特性の測定結果を示すグラフである。具体的には、光路長が30mmで光出力が3mWである場合に、戻り光量を0.001%~10%の範囲で変化させた場合に得られる相対雑音強度(RIN)の測定結果である。図4に示すように、測定したすべての戻り光量の範囲で、相対雑音強度として、-130dB/Hz程度以下の低い値が得られている。

【0054】さらに図5は、本実施形態の半導体レーザ素子100において、可飽和吸収体として作用する第1電流ブロック層9の厚さ(d_{b10c11})の変化に対するストライプ部7の内部及び外部の実効屈折率の差(Δn)の変化を示すグラフである。具体的には、第1電流ブロック層9のAl組成比(X_{b10c11})を0.12、0.14及び0.16の3通りの値に設定して、それぞれにおける測定結果を示している。

【0055】図5に示されているように、第1電流ブロック層9の厚さ(d_{b10c11})が、ほぼ、 $0.03\mu m \leq d_{b10c11} \leq 0.13\mu m$ 、及び $0.34\mu m \leq d_{b10c11} \leq 0.42\mu m$ の範囲内にある場合には、ストライプ部7の内部の実効屈折率がストライプ部7の外部の実効屈折率より小さくなる(Δn が0以下となる)アンチガイドモードとなる。このようなアンチガイドモードでは、ストライプ部7の内部に光を閉じ込めることが困難となり、レーザ発振特性が不安定となる。

【0056】図面中で「アンチガイド」として示している範囲は、 $X_{b10c11} = 0.14$ の場合のものである。この範囲は X_{b10c11} の値に依存して変化するが、原則的には、図5に示す特性で Δn が0以下となる範囲に相当する。

【0057】以下に説明する他の特性に関しては、アンチガイドモード以外の場合について議論する。

【0058】図6は、本実施形態の半導体レーザ素子100において、可飽和吸収体として作用する第1電流ブロック層9の厚さ(d_{b10c11})の変化に対する可干渉性指数の変化を示すグラフである。ただし、光出力は3mWである。具体的には、第1電流ブロック層9のAl組成比(X_{b10c11})を0.12、0.14及び0.16の3通りの値に設定して、それぞれにおける測定結果を示している。

【0059】低雑音特性を実現するには可干渉性指数は0.5以下である必要があるが、第1電流ブロック層9のAl組成比 X_{b10c11} が増大すると、可干渉性指数は増大する傾向にある。特に、 $X_{b10c11} > 0.16$ の場合には、アンチガイドモードに相当する領域以外で可干渉性指数が0.5以下を満足する領域が、極めて少なくな

る。そこで、可干渉性指数特性の観点からは、第1電流ブロック層9のA1組成比 $X_{\text{Al},\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$ は0.16以下に設定することが望ましい。

【0060】次に、図7は、本実施形態の半導体レーザ素子100において、第1電流ブロック層9の厚さ($d_{\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$)の変化に対する動作電流(I_{th})の変化を示すグラフである。ただし、光出力は35mWである。具体的には、第1電流ブロック層9のA1組成比($X_{\text{Al},\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$)を0.12、0.14及び0.16の3通りの値に設定して、それぞれにおける測定結果を示している。

【0061】図7に示されているように、第1電流ブロック層9のA1組成比 $X_{\text{Al},\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$ が減少すると、動作電流 I_{th} は増大する傾向にある。特に、 $X_{\text{Al},\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}} < 0.12$ の場合には、動作電流 I_{th} が110mA以上に増大する。そこで、動作電流特性の観点からは、第1電流ブロック層9のA1組成比 $X_{\text{Al},\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$ は0.12以上に設定することが望ましい。

【0062】以上の点より、図1に示す半導体レーザ素子100に関する先に述べた説明では、活性層4及び可飽和吸収層として機能する第1電流ブロック層9の禁制帯幅を与えるそれぞれの層のA1組成比に関して、第1電流ブロック層9のA1組成比($X_{\text{Al},\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$)が活性層4のA1組成比と等しい0.14と説明されているが、実際には両者はお互いに略等しければよい。具体的には、図6及び図7を参照して説明した上記の条件を満足するように、

$$0.12 \leq X_{\text{Al},\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}} \leq 0.16$$

の範囲内に設定することが望ましい。

【0063】なお、上記の第1電流ブロック層9のA1組成比($X_{\text{Al},\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$)の範囲は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 活性層4のA1組成比 x が0.14である場合の値である。

【0064】より一般的には、活性層4の実効的な禁制帯幅を与える活性層4のA1組成比 x に対して、可飽和吸収層として機能する第1電流ブロック層9の実効的な禁制帯幅を与える第1電流ブロック層9のA1組成比 $X_{\text{Al},\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$ が、

$$x - 0.02 \leq X_{\text{Al},\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}} \leq x + 0.02$$

なる関係を満たすように設定すれば、上述したものと同様の効果を得ることができる。例えば、活性層や可飽和吸収層が量子井戸構造や超格子構造であって、それらの層について個別の層としてのA1組成比が特定できない場合であっても、発光特性や発振波長、或いは吸収特性などの動作特性から決定される等価的な AlGaAs のA1組成に対して上記の関係式が満足されれば、本発明の効果を得ることができる。

【0065】さらに、図8は、本実施形態の半導体レーザ素子100において、第1電流ブロック層9の厚さ($d_{\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$)の変化に対する出射レーザ光の水平方向放射角の特性、すなわち出射レーザ光の遠視野像における

水平方向の半値幅(以下、「 θ 水平」と称する)の変化を示すグラフである。具体的には、第1電流ブロック層9のA1組成比($X_{\text{Al},\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$)を0.12、0.14及び0.16の3通りの値に設定して、それぞれにおける測定結果を示している。

【0066】一般に、 θ 水平が9度未満になると、光学特性に不良が生じる。図8より、 θ 水平が9度以上となる第1電流ブロック層9の厚さ($d_{\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$)は、ほぼ以下の範囲になる。

$$0.14 \mu\text{m} \leq d_{\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}} \leq 0.30 \mu\text{m},$$

及び

$$0.44 \mu\text{m} \leq d_{\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}} \leq 0.58 \mu\text{m}$$

以上に説明してきたように、第1電流ブロック層9の厚さ($d_{\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}}$)は、図6～図8を参照して説明した上記条件を満足するように、上記の範囲内に設定することが望ましい。

【0068】なお、本実施形態の半導体レーザ素子100はエッチストップ層6及び8を備えているが、これは半導体レーザ素子の作製の再現性及び制御性を向上させるために挿入したものである。したがって、エッチストップ層6及び8を有しない場合においても、以上に説明したものと同様の効果を得ることができる。

【0069】(第2の実施の形態)図9に、本発明の第2の実施形態における半導体レーザ素子200の断面構造図を示す。

【0070】この半導体レーザ素子200は、 n-GaAs 基板21の上に、 n-GaAs バッファ層(厚さ $0.5 \mu\text{m}$)22、 $\text{n-Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ 第1クラッド層($y=0.5$ 、厚さ $1.5 \mu\text{m}$)23、多重量子井戸活性層24、 $\text{p-Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ 第2クラッド層(厚さ $0.30 \mu\text{m}$)25、 p-GaAs エッチストップ層(厚さ $0.003 \mu\text{m}$)26が、順に積層されている。さらに、エッチストップ層26の上には、 $\text{p-Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ 第3クラッド層($z=y$ 、厚さ $1.2 \mu\text{m}$)27及び p-GaAs コンタクト層(厚さ $0.5 \mu\text{m}$)28からなるストライプ状のメサ領域29が形成されている。メサ領域29の幅は、約 $2.5 \mu\text{m}$ である。

【0071】さらにこのメサ領域29の両側のエッチストップ層26の上には、 n型 の電流ブロック層30、 $\text{p-Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ 光閉じ込め層($w=0.7$ 、厚さ $0.43 \mu\text{m}$)31、及び p-GaAs 保護層32が、順に積層されている。このうち電流ブロック層30は、 $\text{n-Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ ($v=0.5$ 、厚さ 1 nm)と n-GaAs (厚さ 2.5 nm)とからなる超格子構造となっており、その平均のA1組成は0.13であり、全体の厚さは $0.27 \mu\text{m}$ である。この電流ブロック層30は、発振したレーザ光に対する可飽和吸収層として機能する。本実施形態では、可飽和吸収層として機能する電流ブロック層30で電流ブロック機能体が構成される。

【0072】ストライプ状のメサ領域29および保護層32の上には、 $p\text{-GaAs}$ キャップ層(厚さ $1\mu\text{m}$)33が積層されている。さらに、キャップ層33の上には p 側電極34が形成されており、基板21の裏面には n 側電極35が形成されている。

【0073】多重量子井戸活性層24は、 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ ガイド層(厚さ200オングストローム)と、計5層の $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ ウエル層(厚さ100オングストローム)、ならびに計4層の $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ バリア層(厚さ80オングストローム)が、交互に積層されて構成されている。

【0074】この構成では、可飽和吸収体として機能する電流ブロック層30によってストライプ状のメサ領域29の側面が覆われているので、自励発振特性(雑音特性)がさらに改善される。

【0075】次に、半導体レーザ素子200の作製方法を、図10(a)~(c)の断面図を参照して説明する。

【0076】まず、図10(a)に示すように、 $n\text{-GaAs}$ 基板21の上にMOCVD法により、 $n\text{-GaAs}$ バッファ層22、 $n\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 第1クラッド層23、多重量子活性層24、 $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 第2クラッド層25、 $p\text{-GaAs}$ エッチストップ層26、 $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 第3クラッド層27、及び $p\text{-GaAs}$ コンタクト層28を、この順に連続的に成長させる。

【0077】次に、このウエハをMOCVD装置から取り出して、プラズマCVD法などにより、コンタクト層28の上に SiN 膜(厚さ $0.3\mu\text{m}$)を形成する。次に、フォトリソグラフィ法や選択エッチング法を用いて、 SiN 膜の表面からエッチストップ層26の上に存在する第3クラッド層27を除去して、図10(b)に示すようなストライプ状のメサ領域29を形成する。ただし、図10(b)では、メサ領域29の上の SiN 膜は省略している。

【0078】その後、このようにストライプ状のメサ領域29が形成されたウエハを再びMOCVD装置に導入し、図10(c)に示すように、メサ領域29の両側に超格子構造を有して可飽和吸収層として機能する電流ブロック層30、ならびに $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 光閉じ込め層31及び $p\text{-GaAs}$ 保護層32を成長する。このとき、 SiN 膜の上にも電流ブロック層30、光閉じ込め層31及び保護層32が積層されるが、これらの各膜30~32の成長後にウエハをMOCVD装置から一旦取り出し、これらの各膜30~32ならびに SiN 膜を除去する。その後、あらためてウエハをMOCVD装置に導入して、MOCVD法によりキャップ層33を形成する。

【0079】次に、基板21の一部を裏面から研磨などにより除去して、その厚さが約 $100\mu\text{m}$ となるように

加工する。その後、キャップ層33の上に p 側電極34を形成し、基板21の裏面には n 側電極35を形成する。最後に、ウエハをチップに分割し、高出力用の端面コーティングを行うことによって、半導体レーザ素子200が得られる。

【0080】以上のような製造方法では、エッチストップ層26とクラッド層27との間の界面は形成初期の状態がそのまま維持されるので、界面の乱れがない。この結果、動作電流の低減が実現される。

【0081】以上のようにして形成される本実施形態の半導体レーザ素子200では、典型的には、発振開始電流が 27mA であり、 35mW の出力を得るために必要な動作電流は 60mA である。また、可干渉性指数は、第1の実施の形態における半導体レーザ素子100と同様に十分に低い値が得られ、相対雑音強度も十分に低い値が得られる。

【0082】以上のように本実施形態では、可飽和吸収層となる電流ブロック層を超格子構造とすることにより、通常の AlGaAs 混晶の可飽和吸収層に比べて可飽和吸収特性が急峻となる。この結果、より低いレベルの出力に至るまで強い自励発振特性が得られて、その結果、それによる低雑音特性が実現される。

【0083】(第3の実施の形態)本実施形態は、上述した第1、第2の実施の形態においては、共に、 p 型のエッチストップ層(8または26)の上に n 型電流ブロック層からなる電流ブロック機能体を設ける構成としているのに対し、 n 型電流ブロック層のエッチストップ層側の層を p 型とし、この p 型の層に接する側のエッチストップ層を n 型にした場合である。

【0084】このような構成とした場合には、エッチストップ層側の p 型の層は、電流ブロック層としての機能はなくなり、可飽和吸収層としての機能が主たる機能となる。また、この p 型の層に接する側のエッチストップ層を n 型にすることにより、この層が電流ブロック層としての機能を有するようになる。

【0085】図11に、本発明の第3の実施形態における半導体レーザ素子300の断面構造図を示す。

【0086】この半導体レーザ素子300では、 $n\text{-GaAs}$ 基板101の上に、 $n\text{-GaAs}$ バッファ層(厚さ $0.5\mu\text{m}$)102、 $n\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 第1クラッド層($y=0.5$ 、厚さ $1.5\mu\text{m}$)103、ノンドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 活性層($x=0.14$ 、厚さ $0.05\mu\text{m}$)104、 $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 第2クラッド層($y=0.5$ 、厚さ $0.25\mu\text{m}$)105、ならびに $p\text{-GaAs}$ エッチストップ層(厚さ $0.003\mu\text{m}$)106が、順に積層されている。エッチストップ層106の上には、 $n\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ エッチストップ層($u=0.6$ 、厚さ $0.07\mu\text{m}$)108、 $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 可飽和吸収層($v=0.14$ 、厚さ $0.25\mu\text{m}$)109、 $n\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 電流ブロック層

($w=0.6$ 、厚さ $0.35\mu\text{m}$)110、ならびにn-GaAs保護層(厚さ $0.01\mu\text{m}$)111が、順に形成されている。

【0087】さらに、保護層111の表面からエッチストップ層106の表面に達するストライプ状の溝、すなわちストライプ部107が形成されており、エッチストップ層108、可飽和吸収層109、電流ブロック層110、ならびに保護層111は、いずれもこのストライプ部107で分断されている。なお、ストライプ部107の最上部の幅は、約 $2.5\mu\text{m}$ である。

【0088】さらに、ストライプ部107及び保護層111を覆うように、 $p\text{-Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ 第3クラッド層($x=0.5$ 、厚さ $1.2\mu\text{m}$)112及び $p\text{-GaAs}$ キャップ層(厚さ $2.0\mu\text{m}$)113が、順に積層されている。さらに、キャップ層113の上にはp側電極114が形成され、基板101の裏面にはn側電極115が形成されている。

【0089】このように構成された本実施形態の半導体レーザ素子においては、電流ブロック機能体の可飽和吸収層109をp型にしている。その理由は、前述したように、n型のものよりも強い自励発振が得られるからである。このように可飽和吸収層109をp型にしたとき、その下側のエッチストップ層108をn型ではなくp型にしておくと、キャップ層113からストライプ部107の第3クラッド層112への電流は、可飽和吸収層109内で横方向に拡がるため、非常に大きな電流拡がりを生じ、発振開始電流や動作電流の増大を生じてしまう。そこで、本実施形態のように、エッチストップ層108をn型にすることにより、その電流拡がりを低減でき、つまりこのn型のエッチストップ層108が電流ブロック層として機能するようになり、p型のエッチストップ層とする場合よりも、低電流動作をさせることが可能となる。

【0090】したがって、本実施形態では、エッチストップ層108と、可飽和吸収層109と、電流ブロック層110とにより電流ブロック機能体が構成される。なお、可飽和吸収層109内への電流拡がりに対する電流ブロックを主たる機能とするエッチストップ層108については、その機能を良好とするためには、エッチストップ層108の厚さを、光学的特性や自励発振特性等に問題を生じない範囲内で厚くするのが望ましい。

【0091】また、本実施形態では、エッチストップ層108をn型の単層としたが、本発明はこれに限らず、電流ブロックを主たる機能とするn型層とエッチストップを主たる機能とするp型層との2層の構成とする等、種々の構成とすることが可能である。

【0092】この半導体レーザ素子300は、上述した第1の実施の形態にかかる半導体レーザ素子100に対応するものであるが、本実施形態は第2の実施の形態にかかる半導体レーザ素子200にも同様に対応させ

ることができる。具体的には、半導体レーザ素子200におけるn型の第1電流ブロック層30をp型の可飽和吸収層にすればよい。あるいは、n型の第1電流ブロック層30をp型の可飽和吸収層にし、可飽和吸収層とp型のエッチストップ層26との間にn型の $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ 電流拡がり防止層($x=0.6$ 、厚み $0.05\mu\text{m}$)を設ける構成にすればよい。

【0093】なお、以上の第1、第2及び第3の実施の形態の説明では、簡便のために、 AlGaAs 系の半導体レーザ素子についてのみ説明している。しかし、本発明は、 InGaAlP 系など、 AlGaAs 系以外の材料系から構成された半導体レーザ素子に対しても適用可能である。

【0094】また、本発明の適用は高出力半導体レーザ素子に限られるわけではなく、低出力レーザ素子においても、その自励発振特性の改善のために適用可能である。

【0095】さらに、半導体レーザ素子の製造工程で使用する膜の成長方法としては、以上の説明で言及したMOCVD法以外に、MBE(分子線エビタキシー)法、LPE(液相成長)法、MO-MBE法、或いはALE(原子エビタキシー)法などの適用が可能である。

【0096】

【発明の効果】以上に述べたように、本発明によれば、低雑音特性に優れて強い自励発振特性を有し、かつ光学特性の悪化、信頼性不良、或いは動作電流の増大などの素子特性における問題が生じない、高出力の半導体レーザ素子を実現される。

【0097】具体的には、ある従来の半導体レーザ素子(図12を参照して説明する半導体レーザ素子50)では、発振開始電流は50mAであり、35mWの出力を得るために必要な動作電流は120mA程度である。一方、他の従来の半導体レーザ素子(図13を参照して説明する半導体レーザ素子70)では、発振開始電流は50mAであり、35mWの出力を得るために必要な動作電流は90mA程度である。これに対して、第1の実施形態に係わる半導体レーザ素子100の発振開始電流は典型的には30mAであり、出力35mWを得るために必要な動作電流は典型的には70mA程度である。また、第2の実施形態に係わる半導体レーザ素子200の発振開始電流は典型的には27mAであり、出力35mWを得るために必要な動作電流は典型的には60mA程度である。

【0098】これらの値を比較すれば明らかなように、本発明の各実施形態に係わる半導体レーザ素子は、従来技術による半導体レーザ素子に比べて飛躍的に改善された動作特性を呈する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態における半導体レーザ素子の断面構造図である。

17

【図2】(a)～(c)は、図1の半導体レーザ素子の製造工程を示す断面図である。

【図3】図1の半導体レーザ素子における可干渉性指数特性を示すグラフである。

【図4】図1の半導体レーザ素子における戻り光雑音特性を示すグラフである。

【図5】図1の半導体レーザ素子における第1電流ブロック層の厚さと実効屈折率差 Δn との関係を示すグラフである。

【図6】図1の半導体レーザ素子における第1電流ブロック層の厚さと可干渉性指数との関係を示すグラフである。

【図7】図1の半導体レーザ素子における第1電流ブロック層の厚さと動作電流との関係を示すグラフである。

【図8】図1の半導体レーザ素子における第1電流ブロック層の厚さと水平方向放射角との関係を示すグラフである。

【図9】本発明の第2の実施形態における半導体レーザ素子の断面構造図である。

【図10】(a)～(c)は、図9の半導体レーザ素子の製造工程を示す断面図である。

【図11】本発明の第3の実施形態における半導体レーザ素子の断面構造図である。

【図12】従来の半導体レーザ素子の断面構造図である。

【図13】他の従来の半導体レーザ素子の断面構造図である。

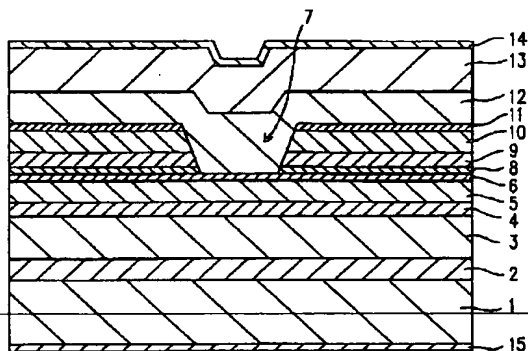
【符号の説明】

50、70、100、200、300 半導体レーザ素子
1、21、101 基板

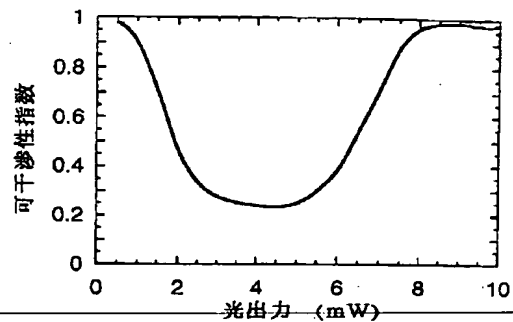
18

* 2、22、102 バッファ層
3、23、103 第1クラッド層
4、24、104 活性層
5、25、105 第2クラッド層
6、8、26、106、108 エッチストップ層
7、107 ストライプ部
9 第1電流ブロック層(可飽和吸収層)
30 電流ブロック層(可飽和吸収層)
10 第2電流ブロック層
109 可飽和吸収層
110 電流ブロック層
11、32、111 保護層
12、27、112 第3クラッド層
13、33、113 キャップ層
14、15、34、35、114、115 電極
28 コンタクト層
29 メサ領域
31 光閉じ込め層
51、71 基板
52、72 バッファ層
53、73 第1クラッド層
54、74 活性層
55、75 第2クラッド層
56、80 電流ブロック層
57 ストライプ部
58、77 第3クラッド層
59、81 キャップ層
60、61、82、83 電極
76 可飽和吸収層
78 コンタクト層
* 79 メサ領域

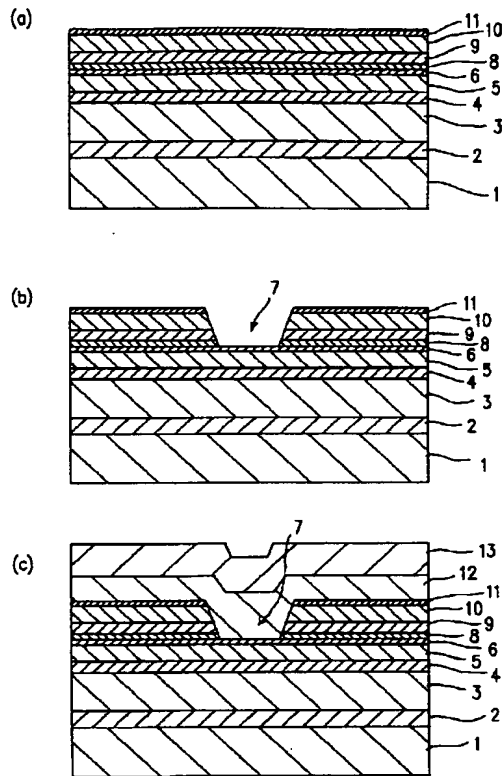
【図1】



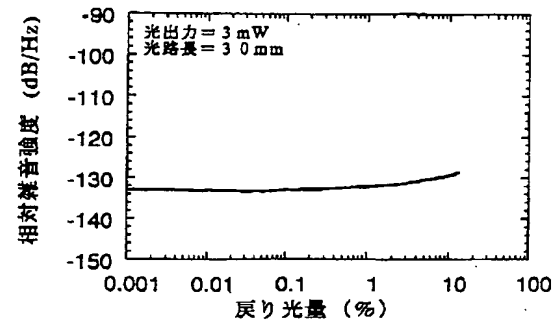
【図3】



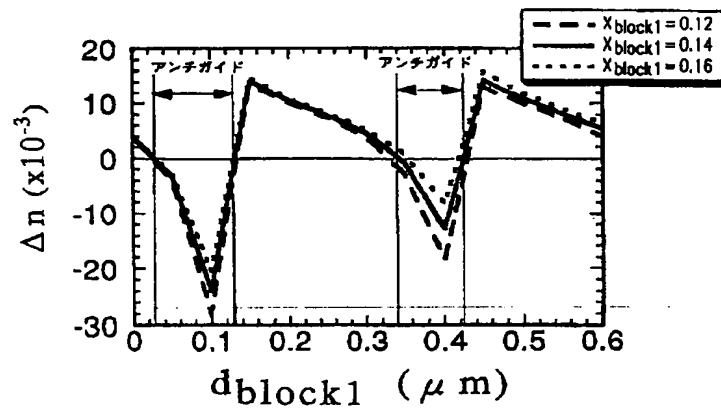
【図2】



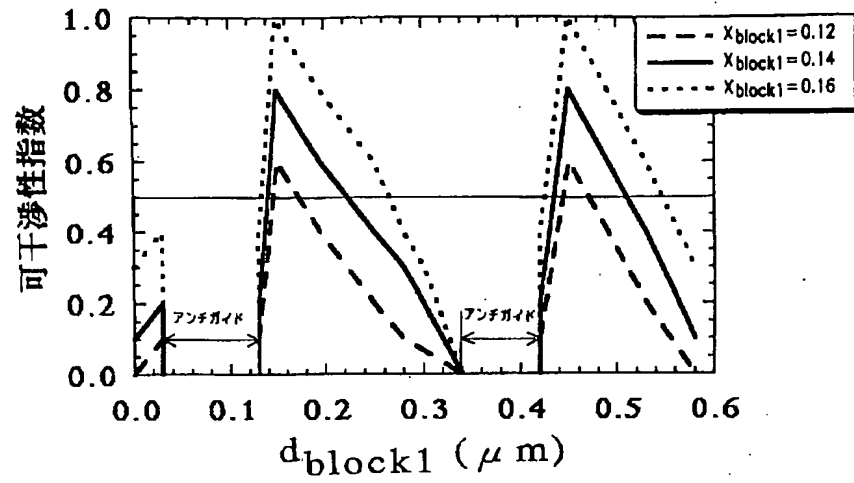
【図4】



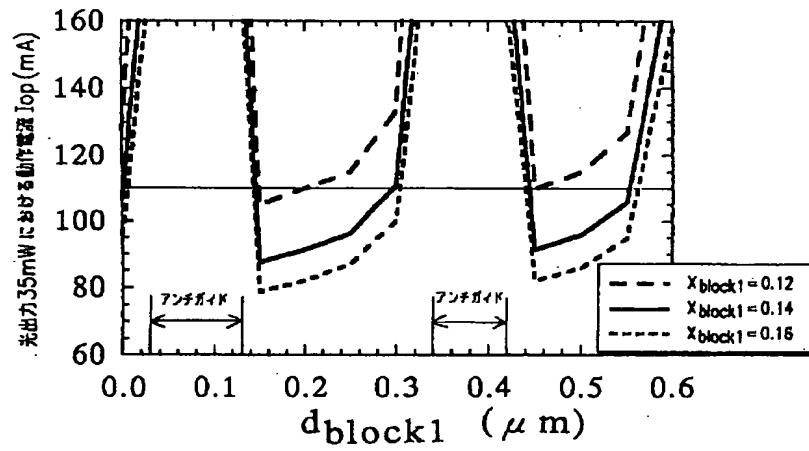
【図5】



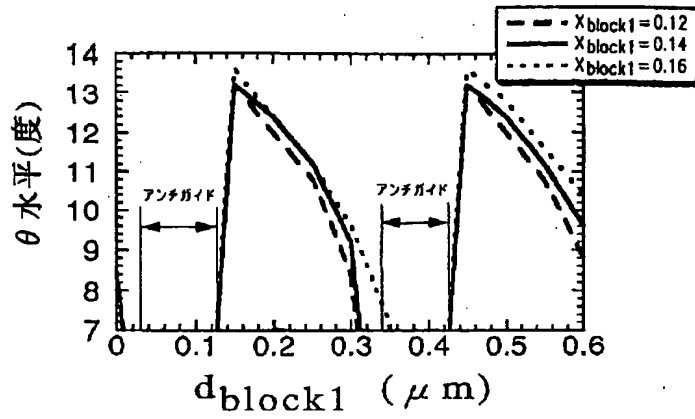
【図6】



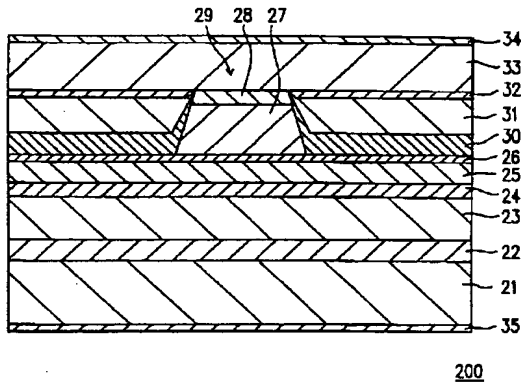
【図7】



【図8】

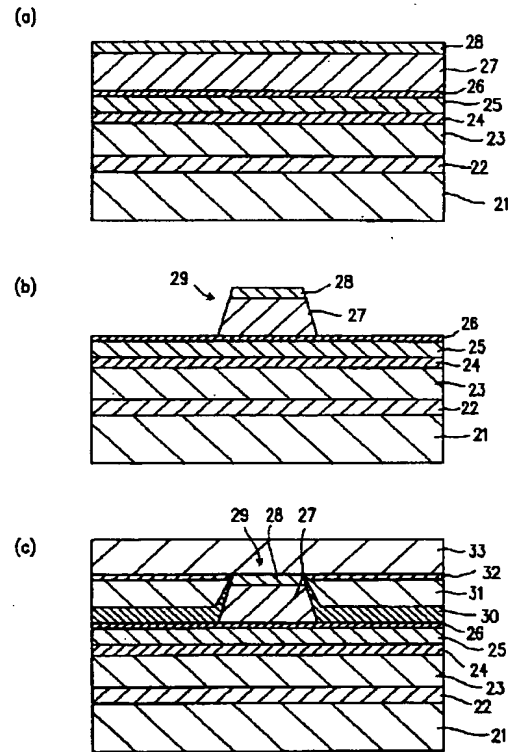


【図9】

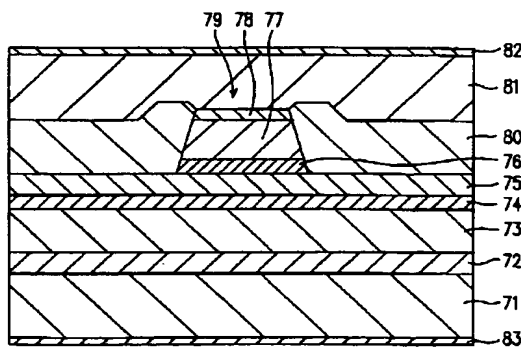


200

【図10】

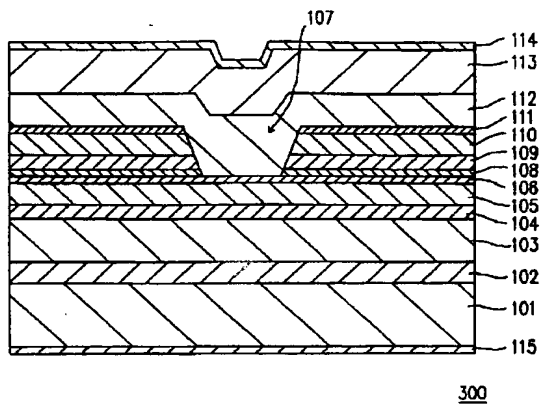


【図13】

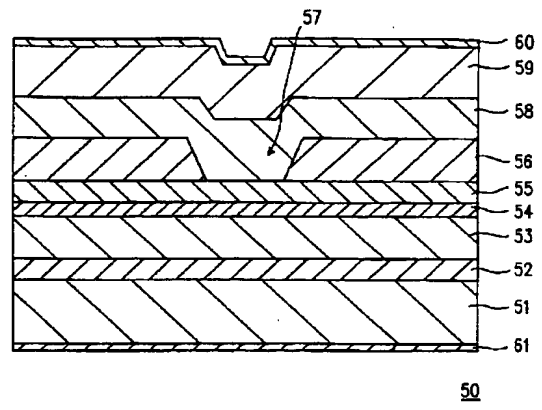


70

【図11】



【図12】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第2区分
 【発行日】平成13年7月27日(2001.7.27)

【公開番号】特開平9-270563
 【公開日】平成9年10月14日(1997.10.14)
 【年通号数】公開特許公報9-2706
 【出願番号】特願平9-11703
 【国際特許分類第7版】

H01S 5/30

【F I】

H01S 3/18

【手続補正書】

【提出日】平成12年8月4日(2000.8.4)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】第1の導電型の半導体基板と、
 該半導体基板の上に形成され、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造と、
 該積層構造の上にストライプ状領域を有して形成されている電流ブロック機能体と、
 該ストライプ部及び該電流ブロック機能体を埋めるように形成されている第2の導電型の第3クラッド層とを含む半導体レーザ素子であって、
 該電流ブロック機能体は、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含んでなり、
ストライプの内部の実効屈折率がストライプ外部の実効屈折率よりも小さくなるアンチガイドモード以外のモードになるように、該可飽和吸収層の層厚を調整してなることを特徴とする半導体レーザ素子。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項2

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項2】第1の導電型の半導体基板と、
 該半導体基板の上に形成され、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2の導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造と、
 該積層構造の上に形成され、第2の導電型の第3クラッド層と第2の導電型のコンタクト層とを少なくとも含むストライプ状のメサ領域と、
 該積層構造の上であって該ストライプ状メサ領域の両側に形成されている電流ブロック機能体とを含む半導体レーザ素子であって、

該電流ブロック機能体は、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含み、該可飽和吸収層は該ストライプ状メサ領域の側面を覆っていると共に、

ストライプの内部の実効屈折率がストライプ外部の実効屈折率よりも小さくなるアンチガイドモード以外のモードになるように、該可飽和吸収層の層厚を調整してなることを特徴とする半導体レーザ素子。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明のある局面によれば、半導体レーザ素子が、第1の導電型の半導体基板と、該半導体基板の上に形成され、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造と、該積層構造の上にストライプ状領域を有して形成されている電流ブロック機能体と、該ストライプ部及び該電流ブロック機能体を埋めるように形成されている第2の導電型の第3クラッド層とを含み、該電流ブロック機能体は、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含んでいて、ストライプの内部の実効屈折率がストライプ外部の実効屈折率よりも小さくなるアンチガイドモード以外のモードになるように、該可飽和吸収層の層厚を調整してなり、そのことによって上記目的が達成される。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正内容】

【0024】 本発明の他の局面によれば、半導体レー

ザ素子が、第1の導電型の半導体基板と、該半導体基板の上に形成され、第1の導電型の第1クラッド層と活性層と第2の導電型の第2クラッド層とを少なくとも含む積層構造と、該積層構造の上に形成され、第2の導電型の第3クラッド層と第2の導電型のコンタクト層とを少なくとも含むストライプ状のメサ領域と、該積層構造の上であって該ストライプ状メサ領域の両側に形成されている電流ブロック機能体とを含み、該電流ブロック機

能体は、該活性層の禁制帯幅と略等しい禁制帯幅を有する可飽和吸収層を少なくとも含み、該可飽和吸収層は該ストライプ状メサ領域の側面を覆っていると共に、ストライプの内部の実効屈折率がストライプ外部の実効屈折率よりも小さくなるアンチガイドモード以外のモードになるように、該可飽和吸収層の層厚を調整してなり、そのことによって上記目的が達成される。